

Análisis de las discusiones de los estudiantes en una clase de laboratorio sobre el equilibrio químico

Adriana Bertelle^{1,2}, Adriana Rocha¹, José Manuel Domínguez Castiñeiras³

¹*Departamento de Profesorado en Física y Química. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos. Argentina.* ²*Airesadrianabbertelle@gmail.com*

³*Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad de Santiago de Compostela*

[Recibido en mayo de 2013, aceptado en diciembre de 2013]

En este trabajo se estudia las discusiones de los estudiantes de primer año de dos carreras universitarias, durante la realización de un trabajo práctico de laboratorio sobre el tema de equilibrio químico. Se analizan los argumentos que construyen los estudiantes cuando relacionan los datos experimentales y las observaciones con el conocimiento químico que poseen. Se registra en audio y video el trabajo grupal de los mismos mientras desarrollan la clase de laboratorio y como instrumento de análisis se utiliza, el patrón argumentativo de Toulmin. Uno de los aspectos relevantes de las clases analizadas, es que son escasas las discusiones de los estudiantes durante el desarrollo del trabajo de laboratorio y que los mismos no hacen explícita la noción de sistema en equilibrio que están elaborando. Se puede concluir, en general que el desarrollo del trabajo práctico de laboratorio, no aportó a lo que debería contribuir, que es que los estudiantes desarrollen una conceptualización más acabada, de lo que es un sistema en equilibrio químico.

Palabras clave: análisis del discurso; argumentación; equilibrio químico; trabajo práctico de laboratorio.

Analysis of the students' discussions about chemical equilibrium during a laboratory class

This work studies the discussions from students in their first year of two university careers while carrying out a practical laboratory work about chemical equilibrium. The arguments constructed by the students are analyzed when they connect the experimental data and the observations with the chemical knowledge they possess. Group work was recorded in audio and videotape when students developed the laboratory class; the argumentative pattern of Toulmin was used as the instrument of analysis. One of the most relevant aspects of the classes under analysis is that students' discussions are rare during the development of the laboratory work; on the other hand, students do not make the notion of system in equilibrium they are elaborating explicit. It can be concluded that, in general, the development of the practical laboratory work did not make the appropriate contributions to the fact that students should develop a more thorough conceptualization about what a system in chemical equilibrium is.

Key words: discourse analysis; argumentation; chemical equilibrium; practical laboratory work.

Introducción

En este trabajo se presenta el estudio de una situación natural de clase, de estudiantes que cursan una asignatura de primer año de dos carreras de nivel universitario. Se realiza el análisis de las discusiones orales, en términos de argumentos, de los estudiantes trabajando grupalmente, que tiene como objetivo conocer las relaciones que realizan los mismos entre lo que observan y los constructos teóricos que están elaborando, sobre el tema Equilibrio Químico. Dicho tema necesita mucho conocimiento básico previo, que se debe integrar en la conceptualización del conocimiento que los estudiantes están elaborando. Ese conocimiento se explicita en las discusiones que se presentan cuando los estudiantes desarrollan la clase laboratorio y son guiados por el docente. Las discusiones se analizan y se pretende que los resultados resulten útiles para proponer algunas alternativas de trabajo en el desarrollo de actividades de laboratorio sobre este tema.

Fundamentación teórica

El trabajo de laboratorio

La ciencia como un cuerpo de conocimientos en continuo cambio, no acabado, fruto de una actividad del ser humano. Los científicos como agentes cognitivos que desarrollan conocimientos específicos con una meta específica: conocer el mundo. Para alcanzar esa meta producen modelos y teorías de los fenómenos del mundo real, que utilizan para interpretarlos (Carey, 1985; Giere, 1999; Nersessian, 1992). En ese marco la observación y el experimento no son las únicas bases sobre las que se construye la ciencia, sino que son herramientas auxiliares de la actividad racional de generar hipótesis y argumentos para apoyar la demanda de conocimientos (Driver y Newton, 1997; Hodson, 1994).

Las concepciones de la ciencia destacan la importancia de enseñar y aprender el conocimiento científico en entornos que, a través de actividades apropiadas, faciliten el acceso de los estudiantes a la elaboración de argumentos (Driver y Newton, 1997). La perspectiva del aprendizaje de las ciencias como construcción social del conocimiento pretende que los estudiantes discutan e intercambien ideas para elaborar argumentos que sean apropiados para resolver problemáticas del tipo de las científicas (Henao y Stipcich, 2008; Jiménez Aleixandre, 1998).

Una de las actividades frecuentes en la Universidad son las clases de laboratorio, las que deberían integrar los diferentes aspectos de la actividad científica y no restringirse a una mera ilustración de la teoría (Hodson, 1994; Jiménez Aleixandre y Díaz de Bustamante, 2003). Se trata de espacios adecuados para que los estudiantes trabajen en elaborar argumentos. Ello implica que; partiendo de datos obtenidos o de fenómenos observados, establezcan afirmaciones o conclusiones, justificadas de forma relevante, en función de razones fundamentadas en el conocimiento científico que están aprendiendo (García de Cajén, Domínguez Castañeiras y García-Rodeja Fernández, 2001; Henao y Stipcich, 2008; Jiménez Aleixandre, 1998; Sardá y Sanmartí Puig, 2000).

Durante el desarrollo de una clase de laboratorio los estudiantes deberían establecer puentes entre los datos y evidencias y las conclusiones, utilizando el conocimiento científico para explicar las observaciones, cuestiones y problemas que se pudieran suscitar durante la realización, desarrollando de esta manera una forma de razonar que es propia del campo de las ciencias (Díaz de Bustamante, 1999; Jiménez Aleixandre, 1998, 2010).

En este trabajo se analizan las discusiones de los estudiantes, durante el desarrollo del trabajo práctico de laboratorio, poniendo el énfasis en el estudio de la elaboración de las justificaciones de las observaciones que realizan, sobre el sistema químico que están estudiando, haciendo uso de los constructos teóricos que están elaborando sobre el tema Equilibrio Químico. El estudio realizado en este trabajo puede resultar útil para replantear el desarrollo de algunas actividades que frecuentemente se elaboran para trabajar en el laboratorio, sobre el tema Equilibrio Químico.

Para realizar dicho análisis se utiliza el esquema argumentativo de Toulmin, el cuál permite, analizar cómo relacionan los conceptos que sobre equilibrio químico están construyendo los estudiantes, trabajando grupalmente y en ocasiones guiados por el docente. Este patrón, propone estructurar la argumentación mediante determinados elementos constitutivos y representa las relaciones funcionales entre ellos especificando los componentes del razonamiento desde los datos hasta la conclusión. Suministra una base sobre la cual construir el análisis de los argumentos utilizados en el discurso científico escolar. En este modelo, cada elemento tiene su función en la argumentación, pero es un todo que toma sentido cuando los mismos se interrelacionan. La lógica de cada enunciado está determinada por su situación en la

argumentación y viceversa (Sardá y Sanmartí Puig, 2000). Permite analizar lo que se enuncia, pero no los intercambios que se establecen entre los que intervienen en una discusión. Este patrón ha sido utilizado de forma similar en investigaciones para analizar el discurso de los estudiantes durante el desarrollo de actividades de laboratorio (Jiménez Aleixandre y Díaz de Bustamante, 1997), en discusiones en pequeño grupo de estudiantes en clase (Jiménez Aleixandre, Álvarez Pérez y Reigosa Castro, 1998) y para razonamiento y argumentación en libros de texto (Álvarez Pérez, 1997).

Dificultades de aprendizaje del concepto Equilibrio Químico

El de *equilibrio químico* es uno de los conceptos fundamentales de la Química. Su adecuada comprensión resulta básica para el aprendizaje en esta disciplina. Sin embargo es uno de los tópicos que mayores dificultades plantea para su enseñanza y aprendizaje. Autores de trabajos de investigación sobre la enseñanza del Equilibrio Químico, como Gorodetsky y Gussarsky (1986); Jonhstone, Mac Donald y Webb (1977); Quílez Pardo, J. y San José López, V. (1993); Raviolo y Martínez (2003) plantean entre los puntos de mayor conflicto a nivel conceptual, que los estudiantes tienen dificultades para reconocer e interpretar las características más importantes de la conceptualización de un sistema químico en equilibrio, como son su dinamismo y la composición constante y perciben el sistema que ha alcanzado el equilibrio como si estuviese formado por dos recipientes separados. En la extensa revisión realizada por Rocha (2008) se ponen de manifiesto las confusiones en que incurren los alumnos cuando utilizan conceptos fundamentales y relacionados con este tema, como pueden ser las que se producen entre velocidad y extensión de la reacción y entre masa y concentración de las sustancias intervinientes. Otra dificultad que aparece en otros trabajos (Gonçalves Teixeira Júnior y Ghisolfi Silva, 2009; Gorodetsky y Gussarsky, 1986; Maskill y Cachapuz, 1989; Quílez y Soláz, 1995; Quílez, 2006) es la que surge de la utilización del Principio de Le Chatelier. Esta en ningún caso puede tratarse como si fuese una dificultad independiente de las demás. Hackling y Garnett (1985) encuentran que los alumnos explican los cambios sobre las velocidades de reacción en el equilibrio, aplicando el Principio de Le Chatelier. Para Gonçalves Teixeira y Ghisolfi Silva, (2009), los problemas con el Principio de Le Chatelier pueden considerarse basados en una aplicación mecánica del mismo y en que *el alumno no percibe el comportamiento microscópico del sistema químico*. Aún cuando se puedan atribuir algunas dificultades a que los alumnos aplican mecánicamente el Principio, ello está relacionado, al menos en parte, con que no interpretan qué es un sistema que ha alcanzado el equilibrio químico, posiblemente porque también la enseñanza, en muchos de los casos, no apunta a ello (Rocha *et al.*, 2000; Quílez, 1998).

Cuando se trabaja en el laboratorio, es frecuente utilizar la coloración de una solución para estimar la concentración de una sustancia coloreada disuelta en agua y el cambio de color para identificar que una sustancia se transformó en otra diferente. El mismo tipo de observación se aprovecha, cuando se trabaja con sistemas químicos en equilibrio, para decidir cómo se modifica el equilibrio, por ejemplo, al variar la temperatura del sistema, infiriéndose cómo cambian las concentraciones de las especies presentes a través del cambio de color. En el caso de los sistemas en Equilibrio Químico, la interpretación del cambio de color puede acarrear dificultades asociadas a la experiencia previa que se tiene en relación a reacciones químicas irreversibles en las que se forman especies coloreadas. Otro de los problemas puede estar relacionado con que no siempre la modificación del color del sistema responde sólo al desplazamiento del equilibrio (Rocha, 2008).

Este trabajo pretende estudiar el conocimiento de los estudiantes sobre el tema Equilibrio Químico, a través del análisis de las discusiones que realizan al desarrollar el laboratorio.

Se pretende también esto porque si las prácticas de laboratorio sobre dicho tema, no se trabajan de manera tal que el alumno pueda expresar la conceptualización de Equilibrio Químico dinámico que está construyendo, y sobre conceptos muy relacionados aprendidos previamente tales como reacción química, reversibilidad, concentración, se transformarán en recetas de cocina, donde los alumnos mezclarán reactivos, observarán llamativos colores, concluirán que agregando tal reactivo el equilibrio se desplazará en uno u otro sentido, pero sin interpretar lo que observan. Se intenta aportar datos acerca de cómo razonan científicamente los estudiantes, elaborando las justificaciones de las observaciones que realizan, sobre el sistema químico que están estudiando. Estas se explicitan en las discusiones que se plantean mientras desarrollan el trabajo de laboratorio.

Metodología de investigación

El estudio que se describe aquí se desarrolla con estudiantes que cursan la asignatura *Introducción a la Química* correspondiente al primer año del plan de estudio de las Carreras de Ingeniería Química y Profesorado en Química de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (Argentina). El total de estudiantes que cursan la asignatura es catorce, doce estudian Ingeniería y dos Profesorado. Dicha asignatura es la primera de contenido químico específico y se cursa en el segundo cuatrimestre de primer año. Ambas carreras se hallan estructuradas sobre la base de asignaturas cuatrimestrales. Conforman el plantel de la asignatura un profesor, responsable del desarrollo de la teoría, un jefe de trabajos prácticos (JTP) y auxiliares docentes graduados que colaboran con el JTP en el desarrollo de las clases de resolución de problemas y de laboratorio. Para obtener más información sobre el tratamiento del contenido en esta asignatura, se realizó la observación de las clases teóricas sobre Equilibrio Químico. Los datos obtenidos de dicha observación, fueron utilizados para elaborar los esquemas referenciales para el análisis de las discusiones de los estudiantes. También se observó una clase de laboratorio y una de resolución de problemas, que se desarrollaron previos a esta investigación. La información obtenida en esas observaciones anteriores permitió conocer la estructura y la forma de trabajo de la asignatura.

En las clases teóricas, el profesor desarrolló el tema Equilibrio Químico y orientó a los estudiantes sobre la bibliografía referida al mismo. Los estudiantes realizan la práctica de laboratorio sobre el tema Equilibrio Químico, siguiendo las indicaciones de una guía de práctica ([Anexo 1](#)).

En este trabajo se realiza un estudio de caso en que se analizan las discusiones de los estudiantes durante la clase de laboratorio.

La estrategia de recolección de datos para el análisis de lo ocurrido, se centra en la observación directa (Postic y De Ketele, 1992). La misma fue efectuada por uno de los investigadores, que actuó como observadora independiente. Se realizó el registro descriptivo de lo ocurrido en uno de los grupos. Se elige un grupo de cuatro estudiantes, (identificados con las letras A1, A2, A3 y A4), del total que constituyen el grupo de la clase. Dos de ellos son estudiantes de Ingeniería y los otros dos de Profesorado. Para la elección se respetó la conformación natural de trabajo de la asignatura y se seleccionó ese grupo por ser el único constituido por estudiantes de las dos carreras. Se esperaba que en el grupo se establecieran mayores discusiones, por la presencia de estudiantes de Profesorado que en el cuatrimestre anterior habían cursado una asignatura de la formación docente en la que trabajan en la elaboración de justificaciones (Rocha *et al.*, 2013). La observación apuntó a las discusiones del grupo elegido y a la clase como un todo, no sólo para obtener datos para contextualizar el trabajo de la clase, sino también para tener registro de las discusiones en gran grupo.

Como parte del diseño de la estrategia de toma de datos se analizó, previamente a la realización de la observación directa, el contenido de la guía de práctica y material escrito del que disponían los estudiantes para la realización de su trabajo. El análisis de la guía consiste en la descripción de cómo está estructurada y cuál es su contenido. Ello permitió orientar la observación directa, previendo en qué momentos los estudiantes trabajarían en la elaboración de argumentos y sobre qué se podía esperar que discutan, lo cual dio información para la elaboración de los esquemas referenciales de Toulmin, usados para el análisis del discurso de los estudiantes.

Las transcripciones del discurso de los estudiantes mientras participan de la clase de laboratorio, se analizaron utilizando el modelo de Toulmin (1958). En la Figura 1 se representan los componentes básicos de un argumento:

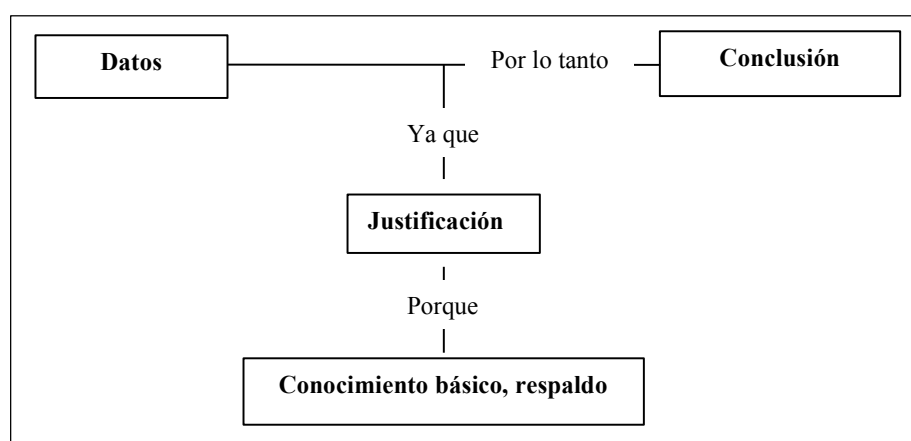


Figura 1. Esquema de Toulmin.

Datos: son hechos particulares acerca de una situación, que clarifican y fundamentan una conclusión.

Conclusión: es el enunciado cuya validez se pretende establecer.

Justificación: son las razones (reglas, principios, etc.), propuestas para fundamentar las conexiones entre los datos y la conclusión.

Conocimiento básico: constituido por las condiciones o afirmaciones generales en las que se basa una justificación.

Se han introducido modificaciones al modelo de Toulmin tomadas de Jiménez Aleixandre (1998), por considerarlas más adecuadas para el análisis del discurso de los estudiantes durante el desarrollo de la clase de laboratorio. De este modo los datos se clasifican en *suministrados* (DS), que son aquellos que se dan a los estudiantes en la tarea, y *obtenidos* (DO), aquellos que deben ser conseguidos por los mismos durante la clase de laboratorio. Estos últimos pueden ser *datos empíricos* (DE), por ejemplo los que provienen de una experiencia de laboratorio (Jiménez Aleixandre y Díaz de Bustamante, 1997, 2003). No se han tenido en cuenta otros elementos del modelo de Toulmin, (respaldo, condiciones de refutación y cualificadores modales), que tienen que ver con la riqueza y la complejidad de los argumentos, debido a que a partir del análisis de la guía se prevé que no es esperable que en las discusiones surjan argumentaciones muy elaboradas y complejas, ya que el objetivo de la misma no apuntaba al desarrollo de una clase donde específicamente se trabaje en la argumentación.

Análisis de la Guía de práctica

Este documento se ha dividido, para su análisis, en tres partes: introducción, desarrollo y cierre. La introducción incluye los ítems: *Fundamento* y *Objetivo*. En el apartado *Fundamento*, aparecen cuatro preguntas sobre aspectos conceptuales del tema, que el estudiante debe

responder con el conocimiento del que dispone sobre equilibrio químico, previo a la realización del trabajo práctico.

El desarrollo presenta dos apartados en los que se indican las tareas a realizar, incluyendo el detalle de los materiales necesarios y los reactivos a utilizar. Ellos son: 1. *Influencia de la variación de la concentración sobre el equilibrio (a temperatura constante)* y 2. *Influencia de la variación de la temperatura sobre el equilibrio*. En ambos apartados se solicita explícitamente a los estudiantes *predecir, analizar y justificar* los cambios de color observados en el sistema en el que se está estudiando el equilibrio químico. Esto haría esperable que los estudiantes trabajen durante el desarrollo de la clase de laboratorio, discutiendo grupalmente, intercambiando ideas, elaborando justificaciones haciendo uso del conocimiento básico que están elaborando.

En el cierre del documento se solicita la elaboración de un informe escrito en el que se describan y justifiquen, mediante el análisis de Q , todos los cambios observados. También se pide escribir las ecuaciones involucradas y decidir y justificar el signo de ΔH , correspondiente a la reacción de formación de la solución de partida.

En este trabajo se presenta el análisis de una parte del desarrollo de la clase de laboratorio, correspondiente a los apartados 1 a) y 2 de la guía de práctica.

Elaboración de los esquemas referenciales

Se utiliza para la elaboración de los esquemas referenciales la información que proporciona la guía de práctica y la que se obtiene acerca del tratamiento que sobre el tema se realiza en las clases teóricas de la asignatura, que como se expresó anteriormente fueron observadas.

Durante el desarrollo de las clases teóricas, el docente responsable expone los contenidos conceptuales, apoyándose con el uso de transparencias. Plantea situaciones relacionadas con la futura actividad profesional de los alumnos, con la finalidad de establecer la conexión existente entre el contenido a aprender y el mundo real (social y tecnológico). Realiza preguntas dirigidas al grupo en general tratando de escuchar las opiniones de cada estudiante. El protagonista principal de la clase es el docente. La distribución de los estudiantes es sentados en bancos alineados en filas y el docente en el frente.

Se inicia el desarrollo del tema presentando un ejemplo de sistema en equilibrio químico, la reacción entre el nitrógeno e hidrógeno en la síntesis del amoníaco (Proceso Haber-Bosch) y la descomposición de este último. Se utiliza una gráfica de concentración de las tres especies intervinientes (N_2 , H_2 , NH_3) versus tiempo, para explicar que a partir de un determinado momento la composición de la mezcla se mantiene constante y la composición final de la mezcla de reacción corresponde a un equilibrio dinámico. Se hace referencia a que cuando un sistema ha alcanzado el equilibrio químico no se observan cambios macroscópicos debido a que las reacciones se producen a igual velocidad en ambos sentidos. Se presenta la Constante de equilibrio (K_c) haciendo referencia al estudio realizado por Goldberg y Waage y se la define como un parámetro que relaciona las concentraciones de las sustancias intervinientes y que depende de la temperatura y de la estequiometría de la reacción. Se explicita que si la reacción es endotérmica K_c aumenta con el aumento de la temperatura, mientras que si la reacción es exotérmica K_c disminuye con el aumento de la temperatura. Se discute un ejemplo de reacción en fase gaseosa y se presenta la constante de equilibrio utilizada en función de las presiones parciales. También se presenta un ejemplo de una reacción en fase heterogénea, descomposición del carbonato de calcio donde se discute el significado de sistema cerrado. Se hace mención a la utilidad de la constante de equilibrio para la resolución de cálculos, por ejemplo presentación de situaciones problemáticas para estimar la máxima cantidad de producto que se obtiene de una reacción. Otra de las utilidades de la constante que se menciona es para predecir en que sentido o dirección se produce una reacción. Se define el cociente de reacción, Q y se analiza su relación con la constante de equilibrio para determinar

el sentido de avance del sistema. Utilizando el ejemplo de la formación de amoníaco a nivel industrial, se analiza el rendimiento de la reacción variando las condiciones de trabajo (temperatura y presión). Se presenta el principio de Le Chatelier como una ley que se enunció para predecir la respuesta de los sistemas en equilibrio al cambiar las condiciones del sistema, se lo aplica para analizar el rendimiento de amoníaco en el proceso Haber-Bosch al variar la presión. Por último se presenta la Ecuación de Van't Hoff como una relación entre las constantes de equilibrio a dos temperaturas distintas y el valor de ΔH .

A continuación se describen los esquemas referenciales que se utilizarán para el análisis de las discusiones de los estudiantes mientras desarrollan el trabajo práctico de laboratorio.

Esquema referencial 1: corresponde a lo que se indica realizar en la guía de práctica en el apartado titulado *Influencia de la variación de la concentración sobre el equilibrio a temperatura constante*.

La guía de práctica propone mezclar solución de tiocianato de potasio y de nitrato férrico. Adelanta que se obtendrá aparición de color rojo por la formación de un complejo y presenta la ecuación correspondiente al proceso al que esta haciendo referencia, una vez que el sistema ha alcanzado el equilibrio (ecuación 1).

A continuación propone colocar iguales volúmenes de la solución obtenida en cuatro tubos de ensayo. El primero se reservará como testigo y en los otros tres se adicionará el mismo volumen de tres soluciones acuosas: nitrato férrico, tiocianato de potasio y nitrato de plata. A continuación la guía de práctica solicita observar los cambios y analizar el desplazamiento del equilibrio en cada caso.

Para la realización del esquema referencial 1 (Figura 2) la ecuación química que representaría el equilibrio a estudiar es considerada un dato suministrado (DS), al igual que la adición de las diferentes soluciones acuosas (nitrato férrico, tiocianato de potasio y nitrato de plata) a la solución inicial. El cambio de coloración del sistema que habrá de observarse en cada tubo al adicionar la correspondiente solución es un dato empírico (DE).

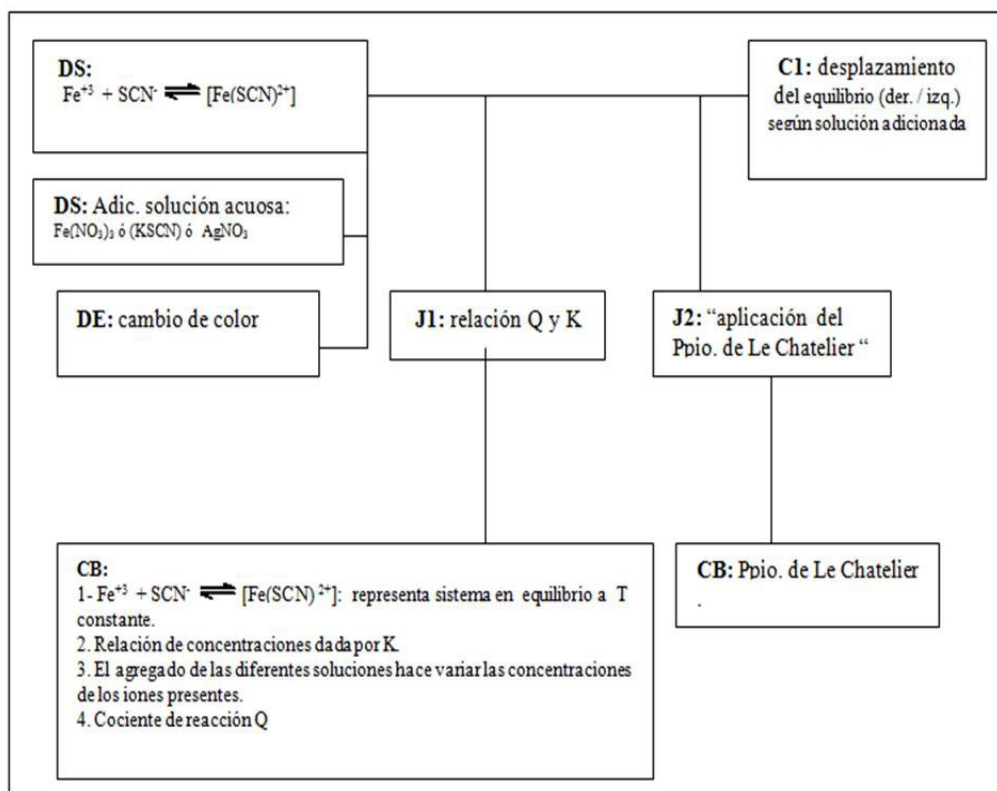


Figura 2. Esquema referencial 1.

El conocimiento básico (CB) que puede esperarse que pongan en juego los estudiantes se podría sintetizar en las siguientes ideas:



Ecuación 1

1. La ecuación química dada representa el proceso formación/descomposición del complejo en equilibrio y que este estado del sistema se ha alcanzado, a una temperatura constante.
2. En el recipiente de reacción, coexisten las tres especies $[\text{Fe}(\text{SCN})]^{2+}$; Fe^{3+} ; SCN^- , en una relación de concentraciones que está dada por el valor de la constante de equilibrio K, a la temperatura de trabajo. Para la reacción que se está analizando se presenta la siguiente ecuación:

$$K = \frac{[\text{Fe}(\text{SCN})^{2+}]}{[\text{Fe}^{3+}] \cdot [\text{SCN}^-]}$$

Ecuación 2

- Las concentraciones de equilibrio, tanto antes como después de la adición de las soluciones, satisfacen la expresión de K.
 - La K no varía porque no varía la temperatura.
3. El agregado de solución de nitrato férrico ($\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$) a la solución inicial suministra iones Fe^{3+} , el de la solución de tiocianato de potasio (KSCN) suministra iones SCN^- mientras que el agregado de nitrato de plata (AgNO_3) suministra los iones plata (Ag^+) que reaccionan con los iones SCN^- para dar un precipitado, lo cual en cada caso hace variar las concentraciones de los iones en solución
 4. Cociente de reacción (Q), se expresa de la misma forma que la Kc, pero la diferencia radica en que las concentraciones son las concentraciones de la mezcla a cualquier tiempo, no necesariamente las del equilibrio dinámico.

$$Q = \frac{[\text{Fe}(\text{SCN})^{2+}]}{[\text{Fe}^{3+}] \cdot [\text{SCN}^-]}$$

Ecuación 3

- Principio de Le Chatelier: “cuando una reacción en equilibrio esta sujeta a un cambio de condiciones, la composición se ajusta para minimizar ese cambio”.

Con los datos y el conocimiento básico (CB) de que disponen, se espera que los estudiantes interpreten los cambios de color y por ende, la conclusión (C) en términos del comportamiento del sistema en equilibrio, según la solución acuosa que adicionaron, elaborando una justificación que conecte los datos con la conclusión.

J1: la justificación de que se rompe el estado de equilibrio y después de un tiempo se recupera, habiendo ocurrido una modificación de las concentraciones de las especies, se puede elaborar en términos de la relación entre el cociente de reacción (Q) y la constante de equilibrio (K).

J2: otra justificación se podría expresar utilizando lo que plantea el Principio de Le Chatelier: al modificar las concentraciones de los iones Fe^{3+} o SCN^- o Ag^+ , la composición en equilibrio se ajusta para minimizar ese cambio.

Esquema referencial 2: corresponde a lo que se indica realizar en la guía de práctica en el apartado titulado *Influencia de la variación de la temperatura sobre el equilibrio*.

La guía propone trabajar con la solución obtenida al inicio del práctico, colocando igual volumen en tres tubos. Uno de ellos se ha de reservar como testigo y en los otros dos se han de observar y analizar los cambios que se producen cuando aumenta y cuando disminuye la temperatura, respectivamente.

Para la realización del esquema referencial 2, Figura 3, la ecuación química que representaría el equilibrio a estudiar es considerada un dato suministrado (DS), como también la variación de la temperatura. El cambio de coloración del sistema que habrá de observarse en cada tubo al variar la temperatura es un dato empírico (DE).

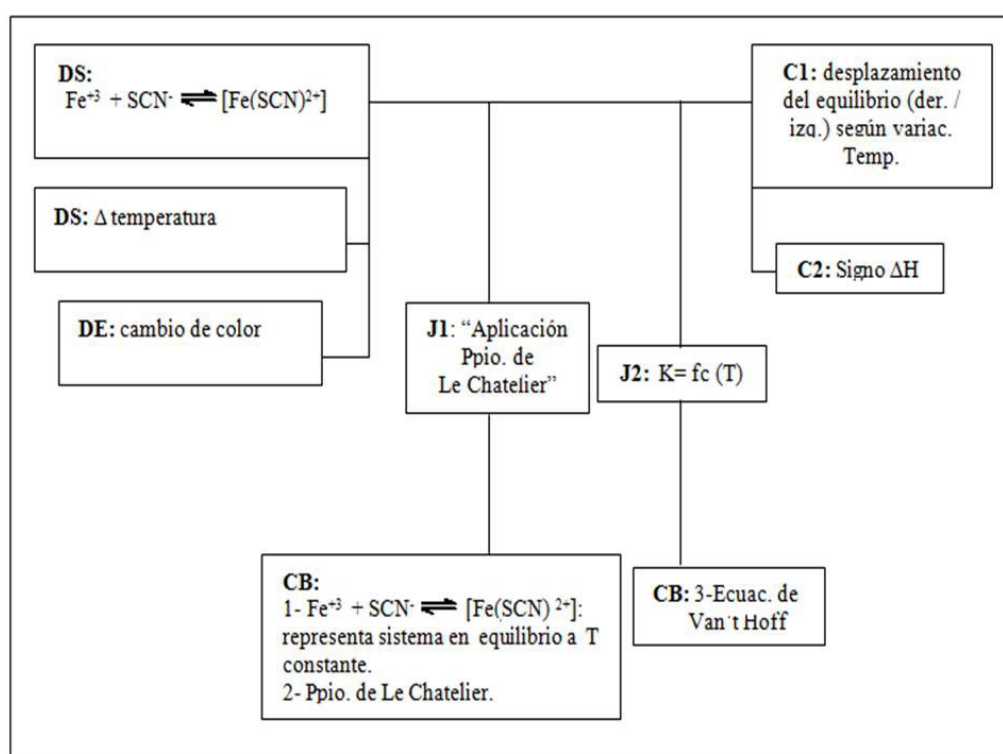
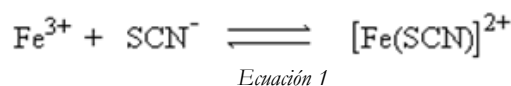


Figura 3. Esquema referencial 2.

El conocimiento básico (CB) que puede esperarse que pongan en juego los estudiantes se podría sintetizar en las siguientes ideas:



1. La ecuación química dada, representa el proceso en equilibrio de formación/descomposición del complejo y que este estado del sistema se ha alcanzado, a la temperatura ambiente.
2. Principio de Le Chatelier: “cuando una reacción en equilibrio esta sujeta a un cambio de condiciones la composición se ajusta para minimizar ese cambio”.
3. $K = f(T)$ ecuación deducida por Van't Hoff, que relaciona la constante de equilibrio con la temperatura.

C1: se espera que los estudiantes arriben a la conclusión acerca de los “cambios en el sistema en equilibrio” al variar la T.

C2: puedan decidir fundamentadamente el signo del ΔH de la reacción de formación/descomposición del complejo.

J1: al variar la temperatura, se rompe el estado de equilibrio y después de un tiempo se recupera a una nueva temperatura, se puede elaborar aplicando lo que plantea el Principio de Le Chatelier.

J2: la ecuación de Van't Hoff que establece una relación entre las constantes de equilibrio a dos temperaturas distintas y el valor de ΔH de la reacción.

Análisis de resultados

A partir de las grabaciones de las discusiones del grupo seleccionado se analiza el discurso de los estudiantes mientras desarrollan la actividad de laboratorio y se elaboran los esquemas argumentativos correspondientes.

Inicialmente el estudiante A1 prepara la solución de formación del $[\text{Fe}(\text{SCN})^2+]$. Los demás estudiantes observan lo que hace. Distribuye la solución en cuatro tubos de ensayo como lo indica la guía de práctica. El estudiante A4 lee la guía e indica los reactivos que hay que agregar a cada tubo de ensayo. Los estudiantes A2 y A3 buscan los reactivos y A1 es quien coloca los reactivos en los tubos 2, 3 y 4.

Cuando trabajan en el desarrollo del apartado de la guía de práctica *Influencia de la variación de la concentración sobre el equilibrio a temperatura constante*, se presenta a continuación lo que expresa A1, mientras observa el tubo que contiene la solución en equilibrio, a la que se le agregó la solución de $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ (aq) y comparan con la solución testigo:

13- A1: *En principio tenemos el testigo, el equilibrio, le agregamos 1 ml. de nitrato férrico lo que hicimos fue aumentar la concentración de esto (Fe^{+3}) de reactivo entonces tiene que aumentar la formación de complejo entonces se desplaza de izquierda a derecha.*

Puede apreciarse que el estudiante A1 expresa: “*en principio tenemos el testigo, el equilibrio le agregamos 1 ml de nitrato férrico*” que correspondería a los datos suministrados en el esquema referencial 1. El mismo estudiante expresa “*el equilibrio se desplaza de izquierda a derecha*”, lo que se puede interpretar como la conclusión en el esquema.

Una vez finalizada la discusión entre los estudiantes, se acerca el JTP y averigua qué análisis han realizado, de lo observado en el tubo de ensayo. A continuación se presenta parte del diálogo que se establece entre los alumnos y el JTP:

27- JTP: *Este equilibrio, o sea que acá hay un equilibrio dinámico entre las especies constantemente y al mismo tiempo se esta formando y descomponiendo el complejo. Aunque no parezca. Esto es lo que esta sucediendo acá. ¿En el tubo 2 qué hicieron Uds.?*

28- A1: *Aumentamos la concentración de uno de los reactivos de Fe^{+3} .*

29- JTP: *Exacto aumentaron la concentración de Fe^{+3} agregando una solución que contiene iones Fe^{+3} y ¿qué pasó?*

30- A1: *Como está todo a la misma temperatura permaneció constante y como la constante tiene que permanecer en el mismo valor tiende a favorecer la reacción hacia la formación del complejo.*

31- JTP: *¿Bien pasó eso?*

32- A1: *Observa el tubo de ensayo y expresa se puso más oscuro.*

33- JTP: *¿El que se oscurezca que significa?*

34- A1: *Que se forma más complejo.*

35- JTP: *O sea que ese desplazamiento ¿Cómo lo verifican? porque aumenta la concentración del complejo. ¿Qué quiere decir que se desplaza hacia la derecha? que se forma más complejo. Así lo están verificando aumenta el color.*

La intervención del JTP reorienta la discusión preguntando acerca de lo ocurrido en el tubo 2. El estudiante A3 expresa: *-Aumenta la concentración de ión Fe^{+3} y se oscurece.* En esta intervención aparece el dato empírico referido a la coloración más intensa de la solución contenida en el tubo de ensayo. Este es un dato importante que surge de la observación y que va acompañado del (CB) de que *aumenta la concentración de ión Fe^{+3} .* El JTP continúa realizando preguntas tratando de que hablen en términos del equilibrio químico, que reconozcan que el sistema inicial es un equilibrio dinámico y que identifiquen las especies que intervienen. El estudiante A1 da en parte la respuesta que el JTP estaba buscando:

“Como está todo a la misma temperatura permaneció constante y como la constante tiene que permanecer en el mismo valor tiende a favorecer la reacción hacia la formación del complejo”

Justifica la conclusión, basándose en la constante de equilibrio, que a una temperatura dada tiene el mismo valor (CB). Por ello cuando se rompe el equilibrio por el agregado de reactivo, el mismo se desplaza en la dirección de formación del complejo. Se puede interpretar que esta justificación está basada en la relación de concentraciones dada por K. El JTP realiza un cierre tratando de expresar el conocimiento que él espera que los estudiantes manifiesten:

“O sea que ese desplazamiento ¿Cómo lo verifican? porque aumenta la concentración del complejo. ¿Qué quiere decir que se desplaza hacia la derecha? que se forma más complejo. Así lo están verificando aumenta el color”

Con este cierre verifica y asocia la intensidad con la formación de más complejo. Los estudiantes aceptan lo expresado por el JTP y continúan trabajando con el otro tubo. La intervención del JTP no permite que surja del discurso que ideas y conceptos ponen en juego los estudiantes en la elaboración de las justificaciones.

Cuando los estudiantes, analizan lo que ocurre en el tubo 3, en el que a la solución en equilibrio se le agrega KSCN (aq), se establece el siguiente dialogo:

14- A1: *En el otro tubo fue al revés.*

15- A2: *No, hicimos igual.*

16- A1: *Ah sí, tenés razón. Aumentamos la concentración del segundo reactivo y el equilibrio se desplaza igual.*

A1 observa la solución contenida en dicho tubo y compara con la solución en equilibrio, expresa: *En el otro tubo fue al revés.* Interviene el estudiante A2 diciendo: *No, hicimos igual.* Esta negación hace repensar a A1 que se replantea y dice: *Tenés razón, aumentamos la concentración del segundo reactivo y el equilibrio se desplaza igual.*

Si bien la justificación no es explicitada en la discusión por los estudiantes, A1 dice que es lo mismo que en el tubo 2, por lo tanto podría considerarse la misma justificación que expresaron para el tubo 2, basada en la relación de concentraciones dada por K, cuando se rompe el equilibrio por el agregado de reactivo, el mismo se desplaza en la dirección de formación del complejo.

Interviene el JTP tratando de que los estudiantes comenten qué ha sucedido en el tubo 3, siendo A2 quien expresa que sucede lo mismo que en el tubo 2 y el JTP concluye cerrando la explicación que él espera:

39-JTP-Están agregando al equilibrio mayor concentración de tiocianato y el efecto es el mismo. Cuando aumentamos la concentración de algunos de los reactivos se desplaza el equilibrio a la derecha, se forma más complejo.

El JTP incorpora en el discurso el dato referido al sistema en equilibrio y el aumento de concentración del reactivo $[\text{SCN}^-]$ que representaría en el esquema (DS). Concluye que el desplazamiento del equilibrio es hacia la derecha (C), por aumento de concentración de $[\text{SCN}^-]$ (CB), que se observa por la intensificación del color (DE). Una vez más se estaría reforzando la idea que es una reacción química como cualquier otra.

En la Figura 4, se presenta el esquema elaborado a partir de las discusiones que realizan los estudiantes con la intervención del JTP de lo observado en los tubos 2 y 3.

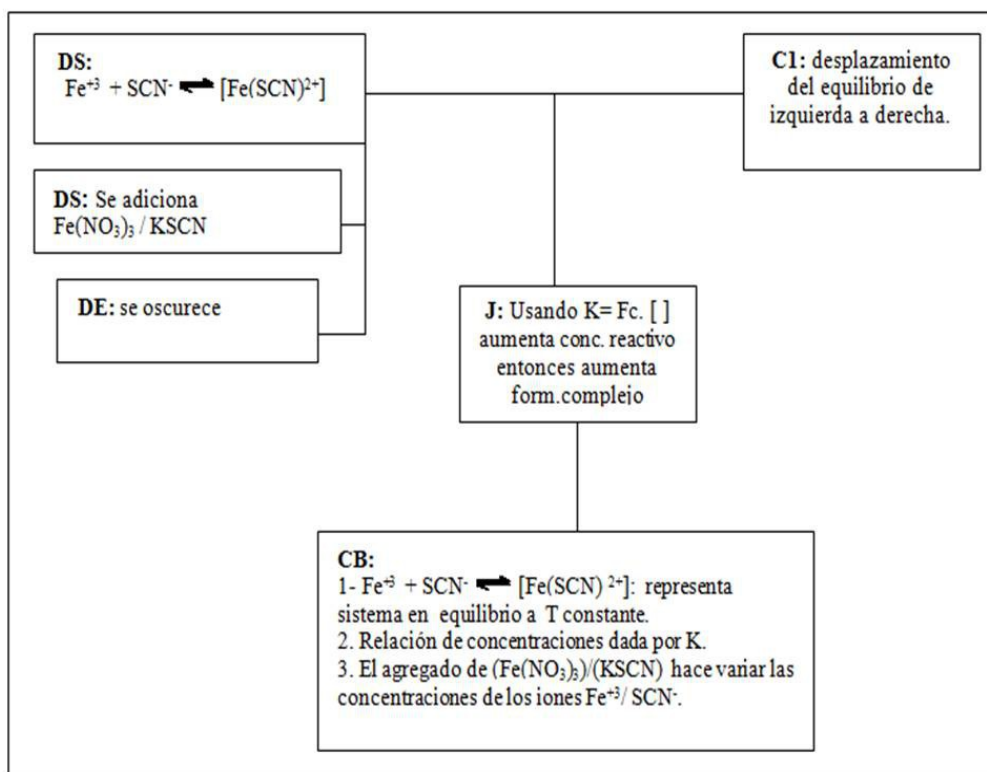


Figura 4. Esquema elaborado a partir de las discusiones que surgen de lo observado en tubos 2 y 3.

En el esquema puede apreciarse, que aparecen los siguientes datos suministrados (DS): la ecuación 1 representa el equilibrio que se está dando en la solución inicial, el agregado de las soluciones de $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ (aq) y KSCN (aq) y el dato empírico (DE) que surge de la observación directa. La conclusión (C) indicando el sentido del desplazamiento del equilibrio y la justificación (J) basada en la constante de equilibrio, relacionando con la temperatura. El conocimiento básico (CB) que explicitan los estudiantes es el siguiente:

- Reconocen que la ecuación química dada, representa el proceso en equilibrio de formación/descomposición del complejo y que este estado del sistema se ha alcanzado, a la temperatura ambiente.



Ecuación 1

- Reconocen que la constante es la misma porque permanece el sistema a la misma temperatura.

- Conocen que el agregado de $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3(\text{aq})$ suministra los iones Fe^{+3} y el agregado de $\text{KSCN}(\text{aq})$ suministra iones SCN^-

Cuando los estudiantes analizan lo que ocurre en el tubo n° 4 en el que a la solución en equilibrio se le agrega $\text{AgNO}_3(\text{aq})$, se presenta el siguiente dialogo:

17- A1: *En el otro tubo se formó un precipitado*

18- A3: *¿En el último se formó precipitado?*

19- A1 y A2: *Si. Es cloruro de plata.*

La preocupación de los estudiantes esta orientada a identificar que producto se obtuvo. No se observa que discutan acerca de lo que sucede con el sistema al agregarle la solución que suministra iones Ag^+ .

Interviene el JTP instando que analicen el equilibrio en relación a lo que ocurre con el color. Se establece el siguiente diálogo:

47- JTP: *¿Qué pasa con la coloración?*

48-A1: *esta disminuyendo esto SKN^- , entonces el equilibrio se desplaza de derecha a izquierda, disminuye la cantidad de complejo.*

El estudiante A1 expresa: *Está disminuyendo la concentración de SCN^- entonces el equilibrio se desplaza de derecha a izquierda, disminuye la cantidad de complejo.* Dice que disminuye la concentración SCN^- , pero no a qué se debe dicha disminución. Alcanza la conclusión que el equilibrio se desplaza de “derecha a izquierda”, justificando a través de la disminución de la “cantidad” de complejo. Se utiliza sin diferenciar los términos concentración y cantidad. Una vez más es A1 quien relaciona los datos con la conclusión, aunque no explicita el dato empírico que surge de la coloración observada en el tubo de ensayo. Los estudiantes por sí solos no explicitan el por qué se forma el precipitado que se observa. Se utiliza el término “cantidad” y el JTP continúa la explicación. Trata de ampliar la explicación realizada, que se sustenta en el Principio de Le Chatelier, haciendo referencia al cambio de color expresando:

49- JTP: *Exactamente porque al agregar los iones plata, los iones plata precipitan con el tiocianato que están presente en el equilibrio (es como que los va sacando al tiocianato del equilibrio), va disminuyendo la concentración de tiocianato en el equilibrio y cuando disminuía la concentración de una de las sustancias el equilibrio se desplaza hacia la formación de más de esta sustancia. ¿Y cómo lo verifican? Porque hay más complejo que se descompone.*

La intervención del JTP orienta a los estudiantes a que reconozcan las especies que intervienen en el sistema en equilibrio químico (DS) como también identifiquen a que compuesto corresponde el precipitado (DE) y por qué se forma (CB). Reconocen que disminuye la concentración de $[\text{SCN}^-]$ al combinarse con el ión plata y que hay más complejo que se descompone (J), concluyendo que el desplazamiento del equilibrio es de derecha a izquierda (C). En la Figura 5, se representa el esquema elaborado a partir de las discusiones de los estudiantes y el JTP de lo observado en el tubo 4.

Durante el desarrollo de este apartado de la guía de práctica se observa, como se describió en párrafos anteriores, uno de los estudiantes del grupo de trabajo, A1, tiene un rol protagonista en la realización de las técnicas de laboratorio y el resto de los estudiantes aceptan dicho rol. En las discusiones no aparecen juicios sobre lo que A1 expresa y concluye, el resto acepta sin discernir. Es él quien en las discusiones explicita la mayoría de los elementos (datos, justificaciones, conocimiento básico, conclusiones) que se utilizan para la elaboración de los esquemas argumentativos de Toulmin. Los otros integrantes del grupo, realizan preguntas, negaciones que si bien no se los puede clasificar como datos, conclusiones, justificaciones o conocimiento básico, cumplen funciones muy útiles para la elaboración de los argumentos.

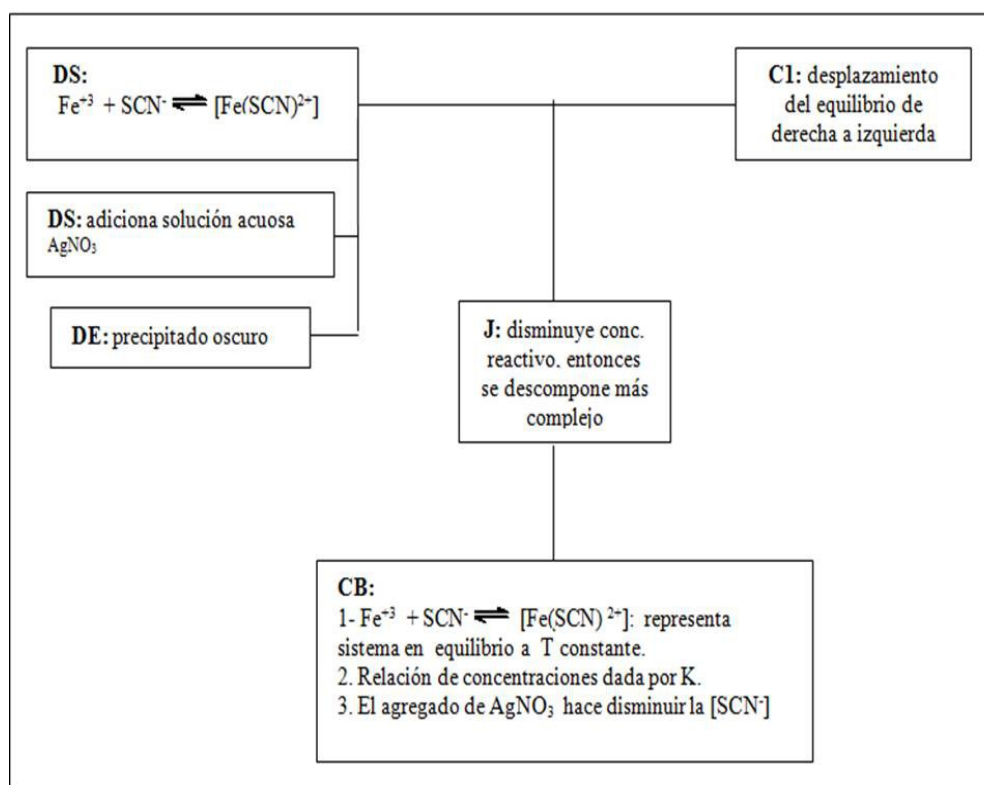


Figura 5. Esquema elaborado a partir de las discusiones que surgen de lo observado en tubo 4.

Para elaborar las justificaciones de por qué se desplaza el sistema en equilibrio al agregarle las diferentes soluciones que suministran iones a la solución inicial del complejo, no se utiliza la relación entre K y Q a pesar que la guía de práctica pide que hagan justificaciones usando Q.

Durante el desarrollo del apartado titulado 2. *Influencia de la variación de la temperatura sobre el equilibrio* de la guía de práctica, cuando los estudiantes observan los tubos de ensayo que contienen la solución en equilibrio y se les ha variado la temperatura, la discusión se establece con la presencia del JTP quien interviene para que los mismos, a través de la coloración más intensa observada al disminuir la temperatura, concluyan el sentido del desplazamiento del equilibrio debido a la mayor formación de complejo. El diálogo fue el siguiente:

88- JTP: *¿Qué pasó?*

89- A3: *Con hielo cambió el color.*

90- JTP: *¿Qué quiere decir que cambió el color?*

91- A4: *Hay un desplazamiento.*

92- JTP: *¿Qué desplazamiento?*

93- A1: *Hay más complejo.*

94- JTP: *Se está formando más complejo, o sea que al disminuir la temperatura se favorece la formación de complejo, se está formando más complejo.*

En este diálogo se observa que el JTP, trata que los estudiantes expliquen que pasó al disminuir la temperatura (DS) de la solución de partida (DS), cuyo color como se indica en la parte a del apartado 1 de la guía, se debe a la formación del complejo $[\text{Fe}(\text{SCN})^{2+}]$ (DS). Los mismos responden que *cambió el color* (DE), pero no explicitan cómo es ese cambio. El JTP continúa preguntando para que interpreten a que se debe ese cambio que observan. La pregunta hace que expresen parte de la conclusión (C1): *se favorece la formación de complejo basándose en que se está formando más complejo (J)*.

El estudiante A3 sugiere que la reacción es exotérmica (C2), ante lo que el JTP pide que aclare a qué reacción se está refiriendo:

100- A3: *Porque es exotérmico.*

101- JTP: *¿Qué es exotérmico?*

102- A3: *Libera calor.*

103- JTP: *Es exotérmica pero ¿en qué dirección? porque estamos estudiando el equilibrio.*

104- A1: *En el sentido de formación del complejo. Es exotérmico.*

Queda implícito el argumento por el cual han decidido que la de formación del complejo es una reacción exotérmica. El JTP y A1 entablan nuevamente el diálogo:

105- JTP: *Acá donde la temperatura es mayor también estamos en presencia de un nuevo equilibrio. Porque el aumento de la temperatura ¿qué le hace al equilibrio?*

106- A1: *Lo desplaza hacia la izquierda.*

107- JTP: *Si, favorece la reacción inversa.*

Finalizando el diálogo, el JTP expresa, en parte, la justificación que venía quedando implícita en la discusión, utilizando para ello el Principio de Le Chatelier, cuando, en síntesis expresa, que el aumento de temperatura favorece la reacción inversa.

En la Figura 6, se muestra el esquema elaborado a partir de las discusiones de los estudiantes y la intervención del JTP, de lo que observan en el tubo que contiene la solución inicial a la que se le disminuyó la temperatura.

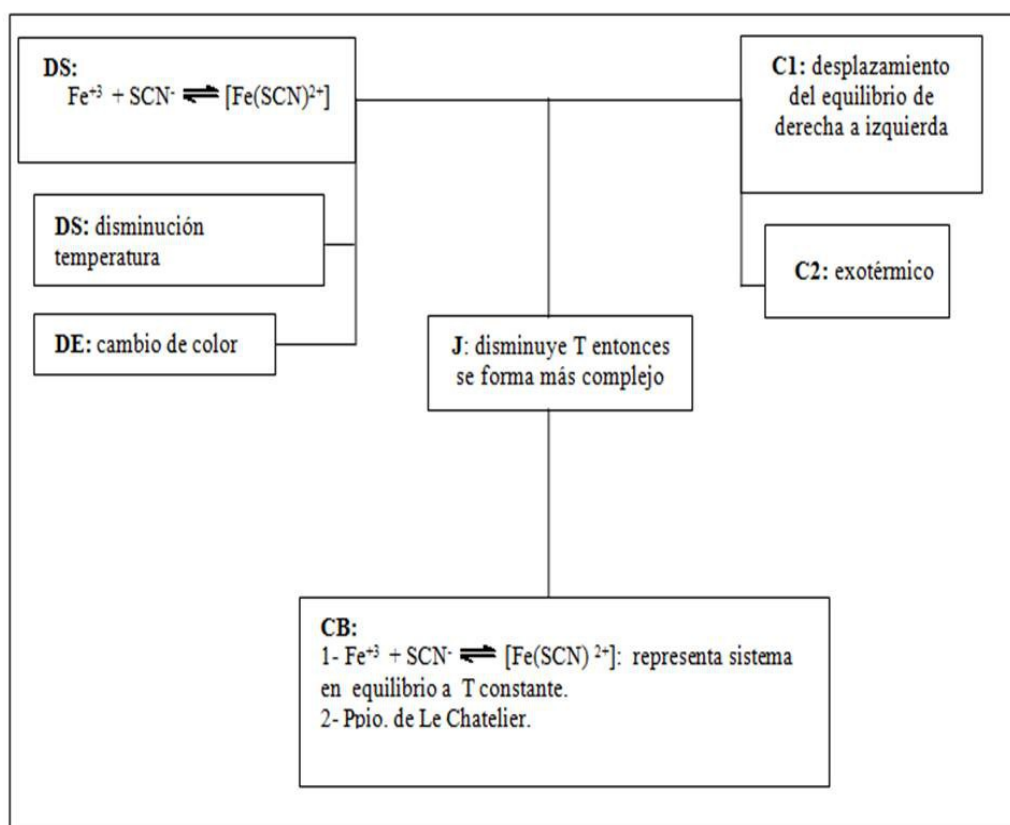


Figura 6. Esquema elaborado a partir de las discusiones que surgen de lo observado al disminuir la T.

Los estudiantes expresan “*cambió el color*” (DE) al observar el sistema en equilibrio al que se le disminuyó la temperatura, pero no se especifica cómo es ese cambio, es decir no expresan si es más o menos intenso que el de la solución de partida. Arriban a la conclusión de que la

reacción es exotérmica (C2) en el sentido de formación del complejo, pero no se indica el signo del ΔH , tal como lo solicita la guía de práctica del laboratorio, tampoco se explicita una justificación. La conclusión (C1) que el equilibrio se desplaza en el sentido de formación del complejo es justificada por la formación de más complejo (J).

En esta parte del desarrollo de la clase de laboratorio, se observa un cambio notable en cuanto a la participación de los estudiantes y a la intervención del JTP. Este último pregunta, da tiempo para que respondan y elabora las explicaciones con lo que aporta cada estudiante. También los estudiantes muestran un mayor uso del conocimiento básico que utilizan en las discusiones.

En el desarrollo del primer apartado de la guía, los estudiantes discutiendo solos no logran elaborar una justificación. Cuando interviene el JTP realiza preguntas, que él mismo responde. Consideramos que los estudiantes no responden porque el JTP no da tiempo para responder. Esto no permite conocer el rozamiento llevado a cabo por los estudiantes, que debiera surgir de las discusiones y que es lo que se estudia en este trabajo. En cuanto al desarrollo del segundo apartado, se observa mayor participación de todos los integrantes del grupo en la elaboración de los argumentos y surgen del aporte que cada integrante realiza a medida que el JTP va haciendo preguntas.

Los esquemas de Toulmin elaborados a partir de las discusiones que surgen para interpretar lo que los estudiantes observan en los tubos de ensayo han permitido conocer los elementos que aparecen en los argumentos y las relaciones que se establecen entre los mismos, lo que permite analizar cómo los estudiantes justifican los cambios de color observados en el sistema estudiado.

Conclusiones

Uno de los aspectos relevantes de las clases analizadas es que las discusiones de los estudiantes durante el desarrollo del trabajo de laboratorio son escasas. En los grupos no hay intercambio de ideas, generalmente es uno de los estudiantes el que aporta sus ideas a la discusión y determina el contenido de la argumentación realizada. Los demás estudiantes asienten sin hacer otros aportes. Necesitan la intervención del JTP para poder elaborar una argumentación más completa.

La herramienta de análisis utilizada permitió mostrar no sólo la falta de algunos elementos de la argumentación sino también el conocimiento base que aparece compartido en las discusiones y la predominancia de algunas ideas frente a otras, como soporte de la explicación que se estaba elaborando.

A partir de los esquemas argumentativos elaborados, se puede observar que en las discusiones los estudiantes no hacen explícita la noción de sistema en equilibrio químico que están elaborando. La idea que aparece se relaciona con el sistema químico al que cuando le agregan diferentes soluciones cambia la coloración, siendo el color indicio de que algo se ha modificado. Usan la variación de coloración observada para inferir que han cambiado las “cantidades” de las especies presentes y para decidir así, cómo se ha modificado el equilibrio. El cambio de color observado, estaría siendo interpretado por los estudiantes, en términos de que aparece o desaparece la sustancia que da color al sistema, cuando una sustancia se transforma en otra diferente. Ello coincidiría con su experiencia previa con reacciones químicas en las que no se alcanza el equilibrio. Podría pensarse que es la idea de reacción química construida hasta ese momento la que sigue presente al momento de elaborar explicaciones relacionadas con el comportamiento de un sistema en equilibrio químico.

Las justificaciones que elaboran sobre el comportamiento del sistema al agregarle las diferentes soluciones, contienen sólo referencias a “el desplazamiento del sistema en el sentido de contrarrestar los efectos de la perturbación”. No mencionan la relación entre la constante de equilibrio (K) y el cociente de reacción (Q), a pesar que en la guía de práctica se pide expresamente que elaboren un informe donde analicen los cambios observados, haciendo uso de la relación entre Q y K y en la teoría se desarrolla un ejemplo concreto.

Si bien el objetivo de la clase de laboratorio era “estudiar y predecir el comportamiento de un sistema en equilibrio ante cambios de temperatura, concentraciones y/o medios de reacción”, no se observa durante el desarrollo de la clase que los estudiantes realicen predicciones del comportamiento del sistema químico ante los cambios.

En diversos trabajos de investigación educativa (Barolli, Laburú, Guridi, 2010; Hodson, 1994) se destaca la importancia de las actividades de laboratorio para la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia. Las mismas son una ayuda inestimable para el desarrollo del razonamiento científico por parte de los estudiantes. Facilitan la comprensión de cómo se elabora el conocimiento científico y su significado. Sin embargo, durante el desarrollo del trabajo de laboratorio observado, los estudiantes cumplieron con lo indicado en la guía, pero fue escaso el intercambio de conocimiento sobre equilibrio químico aplicado a la interpretación de lo que hacen y observan. Creemos que el desarrollo de este trabajo práctico no aportó a lo que debería contribuir, que es que los estudiantes desarrollen una conceptualización (Jiménez Aleixandre; Díaz de Bustamante; 2003) cada vez más acabada de lo que es un sistema químico en equilibrio. La ausencia de justificaciones puede deberse a que en la cultura escolar lo que importa es el resultado, no el proceso (Reigosa Castro, 2000) y en general los alumnos, no están habituados a utilizar el razonamiento científico, no tienen hábitos de elaborar razonamientos en función de los esquemas científicos (Jiménez Aleixandre, 1998). Si el alumno desarrolla las clases prácticas de laboratorio separadas del razonamiento científico, las mismas se transforman, en algoritmos cerrados (Reigosa Castro, 2000), donde solo se desarrollan destrezas de tipo manipulativo y escaso desarrollo conceptual.

Si bien la clase analizada no estuvo pensada para que los estudiantes expresamente trabajen en la elaboración de argumentos, se considera que uno de los objetivos mas importantes del trabajo de laboratorio con estudiantes que recién inician su formación universitaria es que les sirva para elaborar explicaciones y argumentaciones, para que reflexionen, para que utilicen modelos e integren conocimientos, confronten e intercambien ideas entre compañeros, analicen y trabajen con datos experimentales. De este modo, a través de las actividades de laboratorio, se estaría favoreciendo el desarrollo de diferentes aspectos de su formación.

Sería importante que a medida que se desarrolla el trabajo práctico de laboratorio el JTP indague más acerca de lo que cada estudiante va construyendo en relación a la interpretación de sistema químico en equilibrio, su dinamismo, la composición constante, entre otras características. (Rocha, 2008). Trabajar más la idea de sistema en equilibrio dinámico en relación con la representación de la ecuación presentada en la guía y discutir cómo se puede reconocer dicho estado, a temperatura ambiente, considerando la estabilización del color. Se debería instar a los alumnos a que usen la relación entre la constante de equilibrio y el cociente de reacción para analizar el comportamiento del sistema en equilibrio químico, al cambiar las condiciones de trabajo. También se debería solicitar que expresen sus ideas respecto de la diferencia entre concentración y masa, aprovechando por ejemplo, los momentos de las discusiones en las que se trabaja con la constante de equilibrio. El rol del docente, en el desarrollo de este tipo de actividades es fundamental ya que debe contribuir a que el alumno razone, ayudándolo y dando tiempo para que puedan expresar lo que interpretan y piensan, de lo que están observando. Muchas veces el docente preocupado por cumplir con la tarea en el

tiempo de clase o tratar de explicar no pone atención en esto y es fundamental porque sino la clase se transforma en una clase de transmisión de conocimiento y no de construcción.

Agradecimientos

Los autores agradecen a los docentes y alumnos de la asignatura Introducción de la Química de la Facultad de Ingeniería de la UNCPBA, por permiternos observar sus clases con total disposición.

A la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (Argentina) y a la Universidad de Santiago de Compostela (España) por el convenio de cooperación conjunta.

Al Dr. Eugenio García-Rodeja Fernández por sus valiosas sugerencias.

Referencias bibliográficas

- Alvarez Pérez, Víctor M. (1997). Argumentación y razonamiento en los textos de física secundaria. *Alambique* 11. 65-74.
- Barolli, E.; Laburú, C.; Guridi, V. (2010). Laboratorio didáctico de ciencias: caminos de investigación. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 9 (1), 88-110.
- Carey, S. (1985). *Conceptual change in childhood*. Cambridge: MIT Press.
- Díaz de Bustamante, J. (1999). *Problemas de aprendizaje en la interpretación de observaciones de estructuras biológicas con el microscopio*. Tesis Doctoral. Servicio de Publicaciones. Universidad de Santiago de Compostela. España.
- Driver, R.; Newton, P. (1997). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. Ponencia presentada en *ESERA Conference*, 2. Roma, Italia.
- García de Cajén, S.B.; Domínguez Castañeiras, J. y García-Rodeja Fernández, E. (2001). Argumentación a partir de un problema auténtico sobre la transformación de la energía eléctrica en una resistencia. *ADAXE. Revista de estudios e experiencias educativas*, 17, 165-190.
- Giere, R.N. (1999). Del realismo constructivo al realismo perspectivo. *Enseñanza de las Ciencias*, N° extra. Junio.
- Gonçalves Teixeira, J. y Ghisolfi Silva, R. M. (2009). Investigando a temática sobre equilíbrio químico na formação inicial docente. *Revista Eletrônica de Enseñanza de las Ciencias*, 8 (2), 571-592.
- Gorodetsky, M. y Gussarsky, E. (1986). Misconceptionalization of the chemical equilibrium concept as revealed by different evaluation methods. *European Journal Science Education*, 8 (4), 427 - 441.
- Hackling, M. y Garnett, A. (1985). Misconceptions of Chemicals equilibrium. *European Journal of Science Education*, 7, 205-214
- Henao, B. L. y Stipcich, M. S.; (2008). Educación en ciencias y argumentación: la perspectiva de Toulmin como posible respuesta a las demandas y desafíos contemporáneos para la enseñanza de las Ciencias Experimentales. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 7 (1), 47-62.
- Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(3), 299-313.

- Jiménez Aleixandre, M.P. y Díaz de Bustamante, J. (1997). Analysing Classroom Discourse: Practical work in the Biology laboratory. *American Educational research Association annual meeting*. Chicago. Abril.
- Jiménez Aleixandre, M. P. (1998). Diseño curricular: indagación y razonamiento con el lenguaje de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (2), 203-216.
- Jiménez Aleixandre, M. P; Álvarez Pérez, V. y Reigosa Castro, C. (1998). Argumentación en el laboratorio de Física. *Encontro de Pesquisa no Ensino de Física*. Florianópolis. Brasil.
- Jiménez Aleixandre, M. P. y Díaz de Bustamante, J. (2003). Discurso de aula y argumentación en la clase de Ciencias: cuestiones teóricas y metodológicas. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(3), 359-370.
- Jiménez Aleixandre, M.P. (2010). *10 ideas clave, Competencias en argumentación y uso de pruebas*. Barcelona: GRÁO.
- Jonhstone, A.; Mac Donald, J. y Webb, G. (1977). Chemical Euilibrium and its conceptual dificultéis. *Education in Chimistry* 14, 169.
- Maskill, R y Cachapuz, A. (1989). Learning about the chemistry topic of equilibrium: the use of word association tests to detect developing conceptualizations. *International Journal of Science Education*, 11(1) 57-69.
- Nersessian, N. (1992). How do scientist think? Capturing the dynamics of conceptual change in science. En R. Giere (ed.) *Cognitive Models of Science*. Minneapolis: University of Minnesota Press.
- Postic, M. y De Ketele, J.M. (1992). *Observar las situaciones educativas*. Madrid: Narcea.
- Quílez, J. (1998). Persistencia de errores conceptuales relacionados con la incorrecta aplicación del principio de Le Chatelier. *Educación Química*, 9, 267-377.
- Quílez, J. (2006). Análisis de problemas de selectividad de equilibrio químico: errores y dificultades correspondientes a libros de texto, alumnos y profesores. *Enseñanza de las Ciencias*, 24(2), 219-240.
- Quílez Pardo, J. y San José López, V. (1993) Errores Conceptuales en el Estudio del Equilibrio Químico: nuevas aportaciones relacionadas con la incorrecta aplicación del Principio de Le Chatelier. *Enseñanza de las Ciencias*, 13 (1).
- Quílez, J. y Soláz J. J. (1995). Students' and teachers' misapplication of Le Chatelier Principle: Implications for the teaching of Chemical Equilibrium. *Journal of Research in Science Teaching* 32 (9), 939 - 957.
- Raviolo, A. y Martínez, A. M. (2003). Una revisión sobre las concepciones alternativas de los estudiantes en relación con el equilibrio químico. Clasificación y síntesis de sugerencias didácticas. *Educación Química*, 14 (3), 60 – 66.
- Reigosa Castro, C. y Jimenez Aleixandre, M. P. (2000). La cultura científica en la resolución de problemas en el laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 18(2), 275-284.
- Rocha, A. (2008). *Diseño de una propuesta didáctica y su contribución a la enseñanza y aprendizaje del tema Equilibrio Químico, para alumnos que ingresan en la Universidad*. Tesis Doctoral. Servicio de Publicaciones. Universidad de Santiago de Compostela. España.
- Rocha, A., Bertelle, A., Cristina Iturralde, Silvia García de Cajén, Magdalena Roa, Ana Furh Stoessel, María José Bouciguez. (2013). Formación de Profesor de Química en la

Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (Argentina). *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 10 (Núm. Extraordinario) 836-845.

Rocha, A.; García-Rodeja, E.; Scandrolí, N. y Domínguez Castañeiras, J. (2000). Propuesta para la enseñanza del equilibrio Químico. *Educación Química* 11(3), 343-352.

Sardá, J. A. y Sanmartí Puig, N. (2000). Enseñar argumentar científicamente: un reto de las clases de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 18 (3), 405-422.

Toulmin, S. E., (1858), *The uses of argument*. Cambridge: University Press. (2ª. Ed., 1969).

Anexo 1: Guía de prácticas.**TRABAJO PRACTICO****EQUILIBRIO QUIMICO****Fundamento**

¿Cuándo un sistema químico se encuentra en equilibrio?

¿Por qué es un equilibrio dinámico?

¿Qué sucede con el equilibrio y con la constante de equilibrio si se varía la concentración de alguna de las especies involucradas en el mismo?. Justifique mediante el análisis de Q.

¿Qué sucede con el equilibrio y con la constante de equilibrio si se varía la temperatura del sistema?. Justifique.

Objetivo

Estudiar y predecir el comportamiento de un sistema en equilibrio ante cambios de temperatura, concentraciones y/o medios de reacción.

1) Influencia de la variación de la concentración sobre el equilibrio (a temperatura constante)**Material necesario**

Tubos de ensayo

Pipetas

Vaso de precipitados

Drogas o reactivos

Agua destilada

Fe(NO₃)₃ 1 M

KSCN 1 M

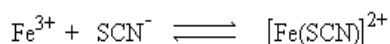
AgNO₃ 0.1 M

K₂CrO₄ 0.1 M - K₂Cr₂O₇ 0.1 M

soluciones diluidas de ácidos y bases

Técnica

a) A 250 mL de agua destilada colocados en un vaso de precipitados se le agrega 1 mL de solución de Fe(NO₃)₃ y 1 mL de KSCN. Se observará la aparición de una coloración roja debida a la formación de iones complejos, uno de los cuales es:



Se numeran cuatro tubos de ensayo y se coloca en cada uno de ellos:

- ✓ Tubo 1: 10 mL de la solución obtenida
- ✓ Tubo 2: 10 mL de la solución obtenida + 1 mL de Fe(NO₃)₃ (aq)
- ✓ Tubo 3: 10 mL de la solución obtenida + 1 mL de KSCN (aq)
- ✓ Tubo 4: 10 mL de la solución obtenida + 1 mL de AgNO₃ (aq)

Observar los cambios producidos y analizar el desplazamiento del equilibrio.

b) Colocar en sendos tubos de ensayo, 10 gotas de solución de cromato y 10 gotas dicromato de potasio. Agregar a cada uno, gota a gota, solución diluida de cualquier ácido. Repetir la operación con otros ácidos y bases. Observar y analizar el desplazamiento del equilibrio.

2) Influencia de la variación de la temperatura sobre el equilibrio**Material necesario**

Tubos de ensayo

Drogas o Reactivos

Solución de [Fe(SCN)]²⁺

Hielo

Técnica

Se colocan 10 mL de la solución original de [Fe(SCN)]²⁺ en tres tubos de ensayo numerados, se deja uno como testigo. De los dos restantes, se coloca uno en un baño de hielo y el otro en un baño de agua a 90 °C, durante 10 minutos. Observar los cambios de color y analizar el desplazamiento del equilibrio.

INFORME

Describir y justificar (mediante el análisis de Q cuando corresponda) todos los fenómenos observados. Escribir **todas las ecuaciones** involucradas.

Informar el signo de ΔH correspondiente a la reacción de formación del complejo. Justificar.